

## Электрические взаимодействия в смесях сегнетоэлектрических порошков

А.Ю. Милинский<sup>1</sup>, С.В. Барышников<sup>1,2</sup>, А.А. Зеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Благовещенский государственный педагогический университет, 675002 Благовещенск, Россия  
e-mail: a.milinskiy@mail.ru

<sup>2</sup>Амурский государственный университет, 675027 Благовещенск, Россия

Изучение кооперативных явлений в неупорядоченных системах показало, что введение нецентральных примесей в сильно поляризуемые матрицы может приводить к появлению сегнетоэлектрической фазы [1,2]. В отличие от сегнетоэлектрических кристаллов и их твердых растворов в композитах и сегнетоэлектрических порошках дипольные частицы расположены на значительных расстояниях. Однако установлено, что и для таких систем возможно взаимное влияние компонентов на свойства друг друга. Для сегнетоэлектрических композитов  $(\text{KNO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$  и  $(\text{KNO}_3)_{1-x}/(\text{KNbO}_3)_x$  наблюдается расширение температурной области существования сегнетоэлектрической фазы нитрата калия [3,4]. В [5,6] было обнаружено, что добавление в DIPAB и DIPAC более 10 объемных % титаната свинца приводят к появлению дополнительных фазовых переходов для DIPAB.

Целью данной работы было изучение влияния поляризованных и неполяризованных частиц  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$  на свойства DIPAB в сравнении с  $\text{PbTiO}_3$ . Исследование фазовых переходов в смесях порошков проводилось методом дифференциального термического анализа (ДТА).

Для смеси порошков DIPAB и PZT температурные зависимости сигнала ДТА показаны на Рисунке 1. При  $x = 0.1$  для порошка PZT полученного из не поляризованной керамики, как и для чистого DIPAB наблюдается один структурный переход  $T_1 \approx 424$  К в режиме нагрева и  $T_2 \approx 421$  К в режиме охлаждения. В то время как для поляризованного PZT появляются дополнительные аномалии на кривых ДТА при температурах  $T_3 \approx 430.5$  К в режиме нагрева и при  $T_4 \approx 404.5$  К в режиме охлаждения.

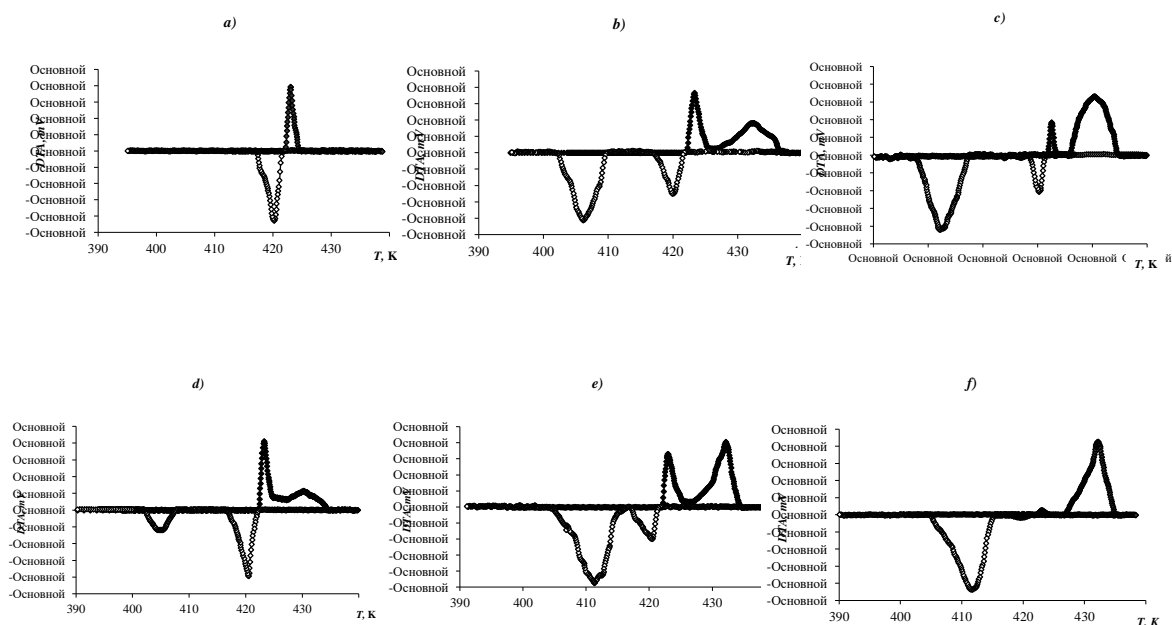


Рисунок 1. ДТА сигнал для смеси порошков DIPAB и PZT при  $x = 0.10$  (a, d),  $x = 0.30$  (b, e),  $x = 0.50$  (c, f): a, b, c – для порошка PZT, полученного из неполяризованной керамики, d, e, f – из поляризованной).

С ростом содержания PZT аномалии на кривых ДТА при температурах  $T_1$ ,  $T_2$  уменьшаются, а при  $T_3$  и  $T_4$  увеличиваются. Причем для порошка PZT полученного из предварительно поляризованной керамики, аномалии при температурах  $T_3$  и  $T_4$  появляются раньше. На Рисунке 2 приведены зависимости температур фазовых переходов для смеси порошков DIPAB и PZT от концентрации PZT, полученные по кривым ДТА.

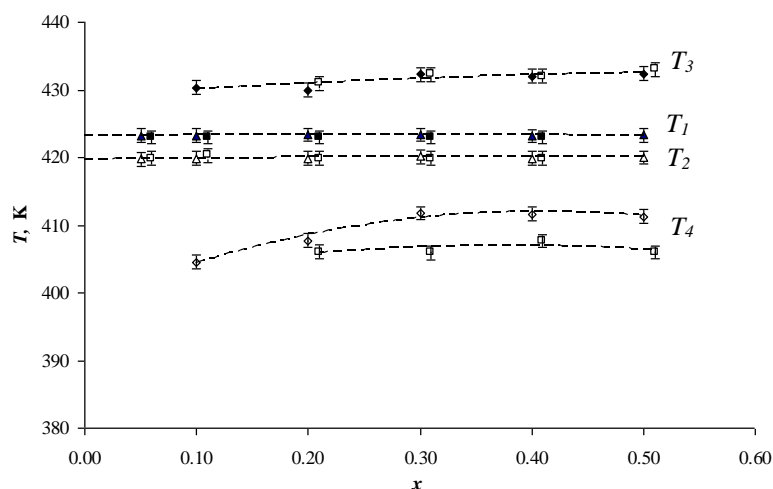


Рисунок 2. Температуры фазовых переходов для смеси порошков DIPAB и PZT в зависимости от  $x$ , определенные по данным ДТА ( $\square$  – для порошка PZT, полученного из неполяризованной керамики,  $\diamond$  – из поляризованной).

Из результатов эксперимента следует, что появление фазовых переходов при  $T_3$  и  $T_4$  в DIPAB зависит от поляризации частиц PZT или  $\text{PbTiO}_3$  и их концентрации в смеси.

Если проанализировать график зависимости температур фазовых переходов от объемного содержания PZT (Рис. 2), можно заключить, что в смеси присутствуют два состояния частиц DIPAB: первые – не имеющие в ближайшем окружении частиц поляризованных частиц PZT или  $\text{PbTiO}_3$  и их фазовые переходы ( $T_1$  и  $T_2$ ) соответствуют фазовым переходам изолированных частиц DIPAB; вторые – соседствующие с дипольными частицами второго сорта и их температуры фазовых переходов ( $T_3$  и  $T_4$ ) будут определяться с учетом энергии взаимодействия. Это следует из того, что амплитуды кривых ДТА при  $T_3$  и  $T_4$  увеличиваются с ростом содержания частиц второго сорта, и, например, для  $\text{PbTiO}_3$  при  $x \approx 0.45$  частиц первого сорта практически не остается. При  $T_3$  и  $T_4$  аномалии на кривых ДТА уширяются, поскольку частицы DIPAB находятся на разных расстояниях от полярных частиц второго сорта и имеют разброс по температурам фазовых переходов. Температуры переходов  $T_3$  и  $T_4$  слабо зависят от концентрации частиц PZT или  $\text{PbTiO}_3$ , что может свидетельствовать о том, что при этих температурах термодинамический потенциал имеет некоторые аномалии, и малое изменение энергии взаимодействия приводит к фазовым переходам.

Как показали проведенные исследования, увеличение концентрации PZT или  $\text{PbTiO}_3$  в смеси порошков, приводит к возникновению дополнительных фазовых переходов DIPAB при нагреве и охлаждении. Удельная теплота дополнительных фазовых переходов растет с увеличением  $x$ . Появление дополнительных фазовых переходов можно объяснить электрическими взаимодействиями между частицами смеси.

1. В.Е. Vugmeister, М.Д. Glinchuk, *Sov. Phys. JETP*. **52**, 482 (1980).
2. В.Е. Vugmeister, М.Д. Glinchuk, *Sov. Phys. Usp.* **28**, 589 (1985).
3. Е.В. Stukova, S.V. Baryshnikov, *Inorg. Mater. Appl. Res.* **2**, 434 (2011).
4. Е.В. Stukova, S.V. Baryshnikov, *Perspekt. Mater.* **13**, 801 (2011).
5. С.В. Барышников, А.Ю. Милинский, *ФТТ* **62**, 1855 (2020).
6. С.В. Барышников, А.Ю. Милинский, *ФТТ* **63**, 776 (2020).